

**VŠB - Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**

# **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

2012

Lichý Milan

**VŠB - Technická univerzita Ostrava**

**Fakulta elektrotechniky a informatiky**

**Katedra elektroenergetiky 410**

**Absolvování odborné individuální praxe**

**Individual Professional Practice in the Company**

**Návrh osvětlovací soustavy**

**Design lighting systems**

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 4. května 2012



podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na tuto bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo –bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі́, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě :.....

.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Milan Lichý

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Vojanova 62

746 01 OPAVA

## **Abstrakt**

Osvětlení nákupního centra - bakalářská práce. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Katedra elektroenergetiky.

Vedoucí práce: Ing. Bernat Petr Ph.D.

Bakalářská práce se zabývá teorií a návrhem osvětlovací soustavy pro nákupní jednotku obchodního řetězce. Při této práci jsem se snažil využít svých nabytých zkušeností z přednášek, ze studia norem, skript a v neposlední řadě taky školení.

V úvodu se práce zabývá teorií a základními pojmy, dále pak významem a vlivem denního a umělého osvětlení na člověka.

V druhé části je proveden kompletní návrh osvětlovací soustavy pomocí výpočtového programu DIALux verze 4.10.1. včetně výběru vhodných svítidel pro obchodní jednotku s ohledem na jejich použití. Využity jsou ilustrační obrázky z důvodu rozměru objektu nákupní jednotky. Vlastní výpočet osvětlovací soustavy je z důvodu rozsahu jako příloha bakalářské práce.

## **Klíčová slova:**

Návrh osvětlovací soustavy, denní osvětlení, umělé osvětlení

## **Abstract**

Lightning of a shopping precinct – bachelor's thesis. Ostrava: VŠB Technical university of Ostrava, Faculty of Electrical Engineering and Computer Science, Department of Electrical Power Engineering.

Supervisor: Ing. Bernat Petr Ph.D.

This bachelor's thesis deals with a theory and a design for lightning system of a retail chain's shopping unit. I was trying hard to apply all my knowledge gained from lectures, studying of the norms, universities textbooks and at last also from various refresher courses during writing this thesis.

The introduction of this thesis is dealing with the theory and basic terms. Then it deals also with the influence of daylight and artificial lightning on people.

The complete design of lightning system is done in the second part with the help of calculation program DIALux version 4.10.1. including the choice of appropriate lights for shopping unit considering their usage. Illustrative pictures are used because of the dimensions of the shopping unit's building. The main calculation is added as an appendix to this bachelor's thesis because of it's length.

## **Key words:**

Design for lightning systems, daylight, artificial lightning

## **Poděkování**

Chtěl bych touto cestou poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Petrovi Bernatovi Ph.D. za odborné rady, ochotu a především čas, který mi věnoval během celého zpracování.

V neposlední řadě chci poděkovat řediteli firmy TECHNICO Opava s.r.o. panu Ing. Martinovi Uličnému a ostatním zaměstnancům, kteří mi poskytli potřebné materiály a informace.

Velké díky patří i mé rodině za podporu při studiích.

## Seznam použitých zkratek:

EPS	Elektrická požární signalizace
K	Jednotka teploty Kelvin
$lx$	Lux je jednotka intenzity osvětlení
$e$	Parametr denní osvětlenosti
$E_{extr}$	Osvětlenost venkovní nezacloněné roviny
$E_{inter}$	Osvětlenost vnitřní nezacloněné roviny
IrDA	Bezdrátová komunikace pomocí infračerveného světla
č.d.o.	Činitel denního osvětlení
$e_{min}$	Minimální hodnota činitele denního osvětlení
$e_m$	Průměrná hodnota činitele denního osvětlení
$D$	Hodnota činitele denní osvětlenosti
$r$	Rovnoměrnost činitele denního osvětlení
$e_{max}$	Maximální hodnota činitele denního osvětlení
P	Elektrický výkon
$\eta$	Účinnost
$\phi$	Světelný tok
$T_c$	Teplota chromatičnosti
$R_a$	index podání barev
I	Svítivost

# Obsah

Úvod .....	1
<b>2. Podstata světla .....</b>	<b>2</b>
<b>3. Vliv a význam denního osvětlení na člověka.....</b>	<b>4</b>
3.1. Technické požadavky na denní osvětlení.....	4
3.2. Základní požadavky na denní osvětlení budov .....	5
3.2.1. Hodnoty činitele denní osvětlenosti .....	6
3.2.2. Rovnoměrnost denního osvětlení .....	8
3.2.3. Rozložení světla .....	8
3.2.4. Odraznost povrchů .....	8
3.2.5. Osvětlovací otvory .....	8
3.2.6. Údržba osvětlovacích otvorů.....	8
3.2.7. Hodnocení denního osvětlení.....	9
3.3. Měření denního osvětlení.....	9
<b>4. Umělé osvětlení a jeho vliv na člověka .....</b>	<b>10</b>
4.1. Základní parametry na umělé osvětlení a světelné soustavy.....	10
4.1.1. Světelný tok.....	11
4.1.2. Měrný výkon $\eta$ .....	11
4.1.3. Teplota chromatičnosti $T_c$ .....	11
4.1.4. Index podání barev $R_a$ .....	11
4.1.5. Osvětlenost.....	11
4.1.6. Životnost světelných zdrojů .....	11
4.2. Svítidla .....	12
4.2.1. Světelný tok svítidla.....	12
4.2.2. Účinnost svítidla.....	12
4.2.3. Svítivost svítidel.....	13
4.2.4. Technické parametry svítidel .....	14
4.2.5. Konstrukce svítidla.....	14
4.3. Regulace osvětlení .....	15
4.3.1. Klasické spínače.....	15



4.3.2.	Stmívače.....	16
4.3.3.	Příklad řídicích systémů.....	16
4.4.	Údržba osvětlovacích soustav .....	17
4.4.1.	Nevratné činitele .....	17
4.4.2.	Vratné činitele .....	17
4.4.3.	Intervaly čištění.....	18
4.4.4.	Plán údržby.....	18
<b>5.</b>	<b>Návrh osvětlovací soustavy pomocí výpočetního programu DIALux.....</b>	<b>20</b>
5.1.1.	Zpracování geometrie místnosti.....	20
5.1.2.	Osazení interiérového vybavení.....	21
5.1.3.	Zatřídění pracovního prostoru dle ČSN EN 12464-1.....	21
5.1.4.	Výběr typu svítidla.....	21
5.1.5.	Vložení výpočtových ploch umělého osvětlení a UGR .....	22
5.1.6.	Výstupní hodnoty navržené osvětlovací soustavy .....	23
<b>6.</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>24</b>
<b>7.</b>	<b>Seznam literatury:.....</b>	<b>25</b>
<b>8.</b>	<b>Seznam příloh:.....</b>	<b>26</b>

## Úvod

Bakalářskou práci jsem si vybral formou praxe a z toho důvodu, že již déle než rok pracuji ve firmě TECHNICO Opava s.r.o., která se zabývá projektováním staveb. Projektuje jednoduché, ale i složité stavby. Při této práci jsem se snažil využít nejen nabytých zkušeností z přednášek, ale i ze studia norem a skript. V této firmě se zabývám projekty elektrických zařízení, bleskosvodů EPS, slaboproudých rozvodů a dalších. Náplní mé práce jsou také návrhy a výpočty denního a umělého osvětlení. Po ukončení studií bych rád své teoretické, i praktické znalosti a dovednosti využil při navrhování projektu osvětlovacích soustav a samozřejmě i v dalších odvětvích elektrotechniky, kterými se firma zabývá. V březnu roku 2011 se konalo na VŠB TUO Ostrava měření umělého osvětlení, kterého jsme se společně s ředitelem firmy TECHNICO Ing. Martinem Uličným zúčastnili. Důvodem naší účasti byla potřeba získat Certifikát o způsobilosti měření osvětlovacích soustav.

Předmětem této bakalářské práce je návrh osvětlovací soustavy pro obchodní jednotku nákupního řetězce. Toto téma jsme vybrali s ředitelem firmy TECHNICO Opava s.r.o. s panem Ing. Martinem Uličným, kterému bych chtěl tímto poděkovat za umožnění bakalářské praxe ve firmě.

Celá práce je rozdělena do dvou částí. Nejprve se budu zabývat teorií osvětlení, osvětlovacích otvorů a soustav. Druhá část pak bude obsahovat výsledky výpočtu návrhu osvětlovací soustavy prodejní plochy.

## 2. Podstata světla

Slunce je jediným zdrojem denního světla s povrchovou teplotou přibližně 6000K. Citlivost lidského zraku je přizpůsobena právě pro oblast viditelného záření.

Cílem denního osvětlení je vytvořit zrakovou pohodu pro uživatele daného vnitřního prostoru. Zrakovou pohodu rozumíme příjemný psychofyzilogický stav potřebný pro účinnou práci a odpočinek, splňující hygienické podmínky. Je dána zejména intenzitou a kvalitou osvětlení, neméně však také záleží na architektonických vlastnostech prostoru a v neposlední řadě také na stavu zraku uživatele interiéru. Denní osvětlení je veškeré přirozené světlo dopadající na zem, buď jako přímé sluneční záření nebo rozptýlené atmosférou tzv. difuzní. Intenzita osvětlení závisí na zeměpisné poloze, stavu oblohy, ročním období a na denní době. Denní světlo není ani v dnešní době vyspělé technologie možno rovnocenně nahradit světlem umělým.

[1]

Přímé sluneční záření dopadá na povrch země s intenzitou v letních slunečních dnech až s hodnotou 100 000 lx. Světelné spektrum denního světla je proměnlivé a závisí na výšce Slunce nad obzorem a na stavu oblačnosti. Z důvodu proměnného denního osvětlení byl stanoven parametr činitel denní osvětlenosti  $e$  (%), který je definován jako poměr osvětlenosti denním světlem v daném bodě dané roviny  $E_{intr}$  k současné srovnávací osvětlenosti venkovní nezacloněné roviny  $E_{extr}$ , za předpokládaného nebo známého rozložení jasu oblohy. Přímé sluneční světlo je přitom vyloučeno.

[1]

$$e = \frac{E_{intr}}{E_{extr}} \times 100 \text{ (%)}$$

(1)

Rozptýlené (difuzní) světlo vzniká následkem rozptylu přímých slunečních paprsků na nejrozličnějších aerosolových částicích vyskytujících se v zemském ovzduší. Difuzní sluneční záření vnímáme jako světlo oblohy. Kdyby nebylo difuzní světlo, byla by obloha během dne černá s ostře zářícím Sluncem a hvězdami.

Výhody denního osvětlení:

Hygienické – je zdravější a pro oko příjemnější než umělé osvětlení

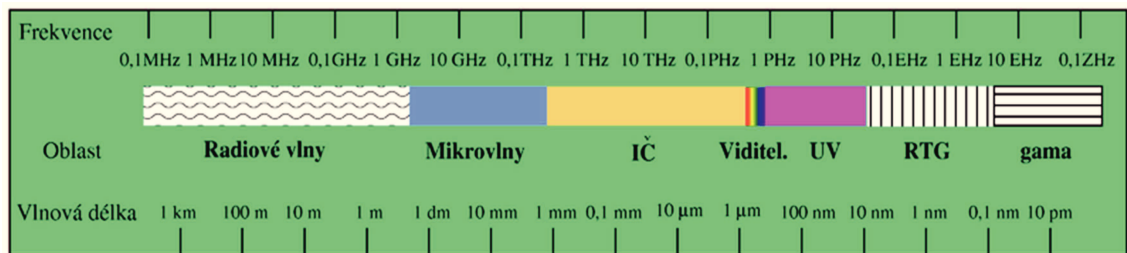
Ekonomické – je zdarma

Ekologické – jedná se o přímě využití sluneční energie bez jakékoli přeměny a akumulace a bez zatížení prostředí odpady.

Sluneční záření:

Sluneční energie představuje drtivou většinu energie, která se na Zemi nachází a využívá. Vzniká jadernými přeměnami v nitru Slunce. Vzhledem k tomu, že vyčerpání zásob vodíku na Slunci je očekáváno až v řádu miliard let, je tento zdroj energie označován jako obnovitelný.

[1]



Obr. 1 elektromagnetické spektrum

Optické záření je pouze část spektra vyzařovaného sluncem, které obsahuje ultrafialové záření, viditelné světlo a infračervené záření.

**Ultrafialové záření** - Je elektromagnetické záření s vlnovou délkou delší než rentgenové záření a kratší než viditelné světlo. Pro člověka je toto záření neviditelné, existují však někteří živočichové, kteří jej dokáží vnímat. Ultrafialové záření lze rozdělit podle jeho vlnových délek na záření:

**Viditelné světlo** - Je elektromagnetické vlnění s vlnovou délkou od 380 do 760 nm.

**Infračervené záření** - Je elektromagnetické záření s vlnovou délkou větší než viditelné světlo, ale menší než mikrovlnné záření. Rozdělení infračerveného záření není přesně specifikováno. Může být rozděleno například na blízké, střední a dlouhé. Toto záření je hojně využíváno, známé také jako IrDA.

Jednotlivé barvy vyskytující se na vlnovém spektru se nazývají spektrální barvy a přísluší jim určitá vlnová délka.

Tab. 1 Vlnová délka jednotlivých barev optického spektra

Barva	Vlnová délka	Frekvence
červená	~ 625 až 740 nm	~ 480 až 405 THz
oranžová	~ 590 až 625 nm	~ 510 až 480 THz
žlutá	~ 565 až 590 nm	~ 530 až 510 THz
zelená	~ 520 až 565 nm	~ 580 až 530 THz
azurová	~ 500 až 520 nm	~ 600 až 580 THz
modrá	~ 430 až 500 nm	~ 700 až 600 THz
fialová	~ 380 až 430 nm	~ 790 až 700 THz

**Insolace** - je důležitým faktorem kvality životního prostředí, což je ozáření přímým slunečním zářením, ve kterém jsou kromě viditelného záření i složky nevnímané lidským zrakem.

[1]

### 3. Vliv a význam denního osvětlení na člověka

Člověk jako jeden z mála živočichů vnímá své okolí převážně zrakem. Zrak tvoří až 80% všech lidských vjemů. Zrakové vnímání ovlivňují především fyzikální vlastnosti světla a fyziologické schopnosti lidského oka. S přibývajícím množstvím světla se zvyšují zrakové schopnosti lidského oka a fyzická aktivita lidského těla. Intenzita osvětlení působí příznivě na psychiku člověka. Světlý prostor nám připadá prostornější a bezpečnější, ale naopak u některých lidí může působit dojmem ztráty intimity. Tmavé prostory mohou být opticky menšími, depresivnějšími. Velkou mírou k tomuto vnímání přispívá také momentální psychický stav. Lidé jsou navykli tomu, že hned ráno vyplňuje světlo veškeré prostředí kolem nich, proto je denní osvětlení nedílnou součástí příjemného a hlavně zdravého lidského života. Je důležité, aby v místech, kde lidé tráví velkou část dne, tedy i života byl dostatek denního osvětlení. Jedná se většinou o stavby, jako jsou obytné domy, kanceláře, průmyslové objekty, školy, sociální zařízení a jiné... Na denní osvětlení se můžeme dívat z více hledisek. Například z hlediska hygienického nebo z hlediska energetického. Denní světlo je možné zařadit jako zdroj obnovitelné energie, protože vhodnou situací objektu lze šetřit energii uměle vyrobené. [2]

Směrové vlastnosti osvětlení:

- První směrové vlastnosti světla pozorujeme při jasné obloze, kdy vznikají ostré kontrasty mezi světlem a stínem. Při této situaci je rovnoměrnost osvětlení malá
- Jako druhou situaci můžeme uvést, když je zatažená obloha. Rovnoměrnost osvětlení je vysoká. Prostředí je osvětleno rozptýleným světlem, které prostupuje od slunce přes mraky. Rozdíl mezi světlem a stínem je minimální.
- Třetí situace nastává, když je prostředí osvětleno z úrovně podlahy, což způsobuje velký kontrast a jas. [2]

Výpočty denního osvětlení v obytných budovách se řídí dle platné české technické normy ČSN 73 0580, která se dělí na několik částí, ve kterých jsou samostatně řešeny například průmyslové objekty nebo školy. Každá část této normy má tedy svá specifika, podle kterých se denní osvětlení počítá, podle této normy se také postupuje například při návrhu stínící techniky, nebo při posouzení jak samotná budova ovlivňuje osvětlení svého okolí. Kvalita denního osvětlení nezáleží pouze na množství denního světla v obytné místnosti, ale především na:

- Rozložení světelného toku a směru osvětlení
- Rovnoměrnosti denního osvětlení
- Rozložení jasů v zorném poli pozorovatele
- Oslnění, jehož příčinou je jasový kontrast v zorném poli pozorovatele nebo přílišným jasnem

#### 3.1. Technické požadavky na denní osvětlení

Pro člověka nenahraditelné denní osvětlení se musí co nejvíce využívat ve vnitřních prostorách, které jsou trvale využívány lidmi. Jako trvalé využívaný prostor se považuje pobyt člověka

v místnosti déle než 4 hodiny, za denního světla, během jednoho dne a toto se opakuje více než jedenkrát za týden. Případy, kdy lze využít sdruženého osvětlení jsou určeny ČSN 36 0020. Pro ostatní prostory se denní osvětlení navrhuje tak, aby se snižovala energetická náročnost budovy. Neméně důležité je vytvořit zrakovou pohodu pro uživatele této místnosti, aby se předešlo vzniku předčasné únavy a možnosti úrazu. Důležité je zachovat podmínky zrakové pohody během všech ročních období a také během slunečných i zatažených dnů.

Základní technické parametry pro návrh a posouzení denního osvětlení:

- Činitel denní osvětlenosti
- Rovnoměrnost osvětlení
- Oslnění
- Rozložení světelného toku a převažující směr světla
- Výskyt jevů narušujících zrakovou pohodu uživatele

Z těchto několika důvodů je důležité pamatovat na regulaci osvětlení v obytných prostorech. Jedním z problémů například u bezpečnosti práce může být oslnění vznikající odrazem světla od lesklého povrchu v zorném poli pozorovatele. Proto je doporučeno v interiérech nepoužívat lesklé materiály. Obzvláště nepříjemné je oslnění ve spodní části zorného pole, kde je lidský zrak nejvíce citlivý. Barevnost interiérových povrchů by měla být zvolena tak, aby činitele odrazu světla hlavních povrchů byly v těchto mezích:

- Strop min. 0,7 (barva bílá max. lomená bílá)
- Stěny min 0,5 (barva bílá, žlutá, béžová, krémová, pastelově světle modrá atd.)
- Podlaha min 0,3 (barva světle zelená, světle modrá, světle šedá) [8]

### **3.2. Základní požadavky na denní osvětlení budov**

Budovy, které jsou nově vystavěné, musí vždy splňovat podmínky denního osvětlení a to v místnostech jako jsou:

- Obytné místnosti
- Pokoje a místnosti s delší dobou užívání
- Místnosti pro výchovu a vzdělání dětí předškolního věku
- Všechny místnosti vyhrazené pro učení dětí a pro posluchárny s výjimkou dle ČSN 73 0580-3
- Pokoje ve zdravotnických zařízeních a místnosti určené pro vyšetřování pacientů
- Stravovací zařízení a místnosti určené pro odpočinek lidí zdržujících se v místnostech bez denního světla.

Denní osvětlení v místnostech se navrhuje podle náročnosti zrakových úkonů, je možno místnost rozdělit do funkčně vymezených částí, kde se mohou provádět úkony různých zrakových tříd. [8]

Tab. 2 Třídění zrakových činností a hodnoty činitele denní osvětlenosti z ČSN

Třída zrakové činnosti	Charakteristika rizika zrakové činnosti	Poměrná pozorovací vzdálenost	Příklady zrakových činností	Hodnota č.d.o. v %	
				minimální $e_{\min}$	průměrná $e_m$
I	mimořádně přesná	3330 a větší	nejpřesnější zraková činnost s omezenou možností, s požadavkem na vyloučení chyb v rozlišení, nejobtížnější kontrola	3,5	10
II	velmi přesná	1670 až 3330	Velmi přesné činnosti při výrobě a kontrole, velmi přesné rýsování, ruční rytí s velmi malými detaily, velmi jemné umělecké práce.	2,5	7
III	Přesná	1000 až 1670	Přesná výroba a kontrola, rýsování, technické kreslení, obtížné laboratorní práce, náročné vyšetření, jemné šití, vyšívání	2	6
IV	Středně přesná	500 až 1000	Středně přesná výroba a kontrola, čtení, psaní, obsluha strojů, běžné laboratorní práce, vyšetření, ošetření, hrubší šití, pletení, žehlení	1,5	5
V	Hrubší	100 až 500	hrubší práce, manipulace s předměty a materiálem, konzumace jídla a obsluha, oddechové činnosti, základní rekreační tělovýchova, čekání	1	3
VI	velmi hrubá	menší než 100	Udržování čistoty, sprchování a mytí, převlékání, chůze po komunikacích přístupných veřejnosti	0,5	2
VII	celková orientace		Chůze, doprava materiálu, skladování hrubého materiálu, celkový dohled	0,25	1

Je-li místnost rozdělena na více druhů pracovních úkonů, je možno denní osvětlení odstupňovat a rozdělit do funkčně vymezených částí podle příslušného zrakového úkonu. Takové rozdělení místnosti na funkčně vymezené části je ekonomické zejména při bočním osvětlení. Blíže u osvětlovacího otvoru jsou umístěny pracovní místa s požadavkem na větší intenzitu osvětlení a zbytek prostoru využít pro úkony zatříděné do nižší zrakové skupiny.

### 3.2.1. Hodnoty činitele denní osvětlenosti

Denní osvětlení musí být navrženo tak, aby hodnoty činitele denního osvětlení ve všech kontrolních bodech nebo ve funkčně vymezené části splňovaly minimální hodnotu uvedenou v tabulce 1. Za některých okolností uvedených v ČSN 73 0580-1 se hodnoty činitele denní osvětlenosti zvyšují. Neméně důležitým parametrem je rovnoměrnost denního osvětlení, která se vypočítá jako podíl nejmenší a největší naměřené hodnoty činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech.

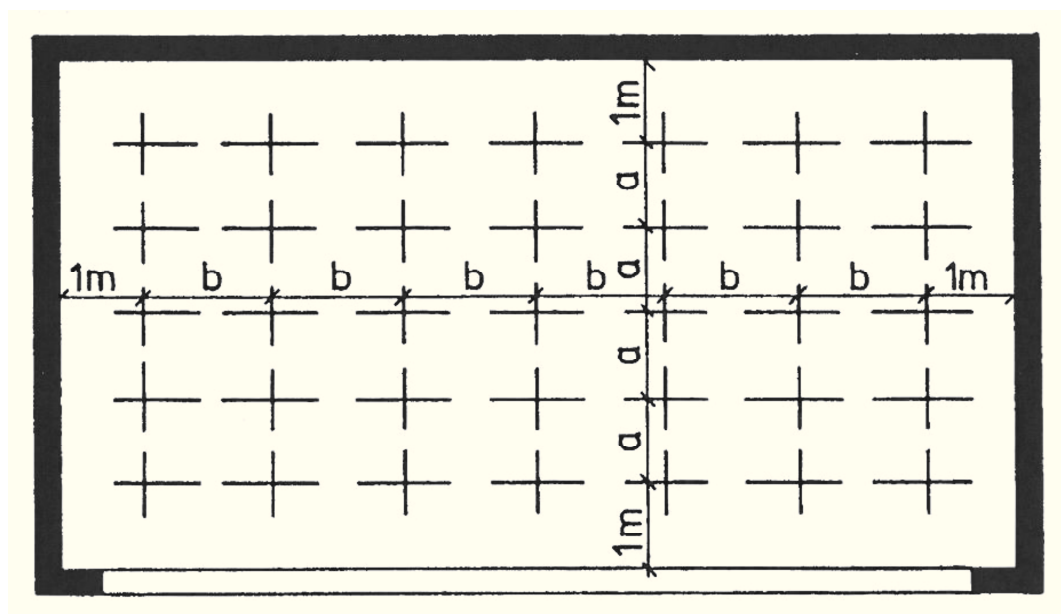
Světlíky, okna a světlovody musí být precizně navrženy a umístěny a to tak, aby při co nejmenší ploše zasklení bylo co nejlepší denní osvětlení v místnosti. Na materiál propouštějící světlo jsou kladeny tyto požadavky:

- Co nejlepší prostupnost světla
- Nesmí měnit spektrální barvu světla

- Je-li požadován průhled, pak nesmí materiál zkreslovat tvary ani barvy.

Činitel denní osvětlenosti se stanoví na modelu výpočtem, nebo přímo měřením v budově. Naměřené či vypočtené hodnoty požadované ČSN a naměřené nebo vypočtené hodnoty, které prokazují splnění těchto podmínek, jsou nedílnou součástí projektové dokumentace. Hodnota činitele denní osvětlenosti přitom musí být splněna v celém prostoru nebo v jeho funkčně vymezené části.

- $$D = \frac{E_{int}}{E_{exter}} \times 100 \quad (\%) \quad (2)$$
- Kde  $E_{int} [lx]$  je hodnota osvětlenosti v kontrolním bodě místnosti a  $E_{exter} [lx]$ , je hodnota osvětlenosti venkovní nezacloněné vodorovné roviny.
- Ve vnitřních prostorech je důležité zjistit rozložení denního světla a to pomocí hodnot činitele denní osvětlenosti v kontrolních bodech, které jsou pravidelně rozmístěny ve srovnávací rovině, kterou se rozumí fiktivní rovina, na které se měří nebo určuje hodnota osvětlení a je určena funkčním využitím místnosti (výška pozorovaného předmětu). Hustota bodů sítě srovnávací roviny se určuje tak, aby byl dostatečný přehled o průběhu denního světla místnosti. Krajiní body se určují dle funkčního využití místnosti, zpravidla 1m od stěny viz *Obr. 2*



Obr. 2 Rozmístění kontrolních bodů na výpočtové ploše

- U prostorů užších než 2,4 m se volí pouze jedna řada kontrolních bodů středem místnosti.
- Pro posouzení vnitřního osvětlení budovy dávají jasný přehled isolinie, které by měly být uspořádány v půdorysu místnosti tak, aby jejich hustota dávala možnost posoudit rozložení denního světla.

[8]



### 3.2.2. Rovnoměrnost denního osvětlení

Rovnoměrnost denního osvětlení se určuje jako podíl nejmenší a největší hodnoty č.d.o. v kontrolních bodech.

$$r = \frac{e_{min}}{e_{max}} \quad (\%) \quad (3) \quad [8]$$

### 3.2.3. Rozložení světla

Pro zrakovou činnost v posuzovaných prostorech se doporučuje převažující směr osvětlení z levé strany pozorovatele, případně zleva zepředu. Převažující směr osvětlení má být doplněn přímým, nebo odrazovým světlem z ostatních směrů. Převažující směr osvětlení nemá být zastíněn (např. zařízením interiéru, osobou pozorovatele apod.).

Jako zábrana oslnění a současně jako regulace denního osvětlení mohou být navrženy na vnitřní straně konstrukce pohyblivé žaluzie (v barvě krémové, béžové, světle žluté) s činitelem odrazu světla 0,50 – 0,70, který je přibližně stejně velký jako okolní stěny. Tímto opatřením dojde i ke zlepšení rovnoměrnosti osvětlení. [8]

### 3.2.4. Odraznost povrchů

Pro povrchy vnitřních prostorů se nedoporučuje používat lesklých povrchových úprav, aby nedocházelo k oslnění odrazem světla, zejména pak ve spodní části zorného pole, kde je lidský zrak obzvláště citlivý.

Neméně důležité je pak zvolit správnou koloritu povrchů. Mají být takové, aby hodnoty činitele odrazu světla vnitřních prostorů byly v novém stavu v těchto mezích:

1. Činitele odrazu světla stropu min. 0,80 až 0,50
2. Stěny světlé s činitelem odrazu světla 0,50 až 0,70
3. Činitele odrazu světla podlahy min. 0,30 [8]

### 3.2.5. Osvětlovací otvory

Denní osvětlení je uskutečněno pomocí okenních otvorů, světlíku nebo světlovodů, které musí respektovat několik hledisek. Při bočním osvětlení musí být okenní otvor umístěn co nejvýše vzhledem k osvětlované ploše, přitom však musí pamatovat na nejružnější regulační prvky. Při pohledu z energetické stránky je důležité, aby okenní otvor splnil kvalitu denního osvětlení při co nejmenší ploše zasklení. Materiál použitý na zasklení okenních otvorů musí být navržen tak, aby neměnil spektrální složení denního osvětlení, aby propouštěl co nejvíce světla a nezklesoval při průhledu, je-li průhled okenního otvoru požadován. [8]

### 3.2.6. Údržba osvětlovacích otvorů

Při návrhu denního osvětlení je předpokládána pravidelná údržba osvětlovacích otvorů a to v pravidelných intervalech, které mohou být stanoveny zvláštními předpisy. Předpokládá se však údržba při malém a středním znečištění okolního prostředí nejméně dvakrát ročně a při silném znečištění okolního prostředí čtyřikrát ročně. [8]

### 3.2.7. Hodnocení denního osvětlení

Rozlišujeme několik druhů denního osvětlení:

- Horní – pomocí osvětlovacích otvorů ve střeše (světlíků)
- Boční – boční zasklení (okna)
  - Unilaterální – toto osvětlení vzniká v případě, že místnost je osvětlena okny pouze v jedné stěně
  - Bilaterální – v tomto případě jsou umístěny osvětlovací otvory v protilehlých stěnách
  - Dvojstranné – okenní otvory jsou ve dvou stýkajících se stěnách
  - Vícestranné – okenní otvory jsou umístěny ve více než dvou stěnách.
- Kombinované – Jedná se o kombinaci osvětlení horního a bočního
- Sekundární – Jedná se o osvětlení dané místnosti přes místnost jinou

Horní osvětlení má výhodu v rovnoměrnosti osvětlení daného prostoru. U bočního osvětlení č.d.o. se vzdáleností od osvětlovacího otvoru klesá. Neméně důležitá je také výška parapetu osvětlovacího otvoru, výhodou je zrakový kontakt s okolím navyšující zřakovou pohodu uživatele vnitřního prostoru.

Isotofa (isolinie) – Jedná se o názornou grafickou pomůcku, čáru spojující místa stejných hodnot č.d.o.

Pro výpočty denního osvětlení a návrhy osvětlovacích otvorů se dnes již výhradně používají počítačové programy, které zahrnují všechny potřebné parametry pro výpočet denního osvětlení podle platné ČSN 73 0580 [1]

### 3.3. Měření denního osvětlení

Největší část činností člověka je úzce spojena s činností zřakovou. Dostatečně a účelně navržené osvětlovací soustavy mají zásadní vliv na pracovní výkon člověka.

Hodnota osvětlení ve vnitřních prostorech budov se měří nejčastěji pro:

- ověření, zda byly dodrženy podmínky realizace podle projektové dokumentace a jestli je osvětlovací soustava v souladu s platnými normami.
- Zjištění stavu osvětlovací soustavy a zřakové pohody během užívání.
- Za účelem porovnání řešení různých osvětlovacích soustav z hlediska energetických úspor a hospodárnosti.

Měření osvětlení lze rozdělit do tří částí. Jedná se o přesné, které se využívá výhradně pro laboratorní účely. Provozní, toto měření je určeno pro ověření správnosti návrhu osvětlovacích soustav a pro dodržování podmínek zřakové pohody během užívání stavby. Orientační měření má velkou nepřesnost a užívá se pro ověření základních podmínek zřakové pohody. Na základě tohoto měření se pak určuje následující postup měření.

## 4. Umělé osvětlení a jeho vliv na člověka

Pomocí umělých světelných zdrojů můžeme realizovat uměle osvětlení. Světlo z umělých zdrojů nahrazuje denní světlo tam, kde je nedostatek osvětlení denním světlem z architektonických nebo jiných důvodů. Moderní světelné zdroje dokáží nahradit denní světlo, problémem stále je, že jej dokáží nahradit jen kvantitativně.

V současné době je umělé světlo v budovách zajišťováno pomocí elektrické energie. Spotřeba elektrické energie na osvětlení v české republice je přibližně 11% z celkové spotřeby. Trend současnosti je ale šetřit elektrickou energií a z toho plyne, že by toto číslo mělo v budoucnu pozvolna klesat.

Z této skutečnosti je známo, že osvětlení má poměrně velký vliv na celkovou spotřebu, zejména pak v zimních měsících, kdy je spotřeba elektrické energie na umělé osvětlení podstatně vyšší. V zimních měsících se spotřeba elektrické energie na umělé osvětlení může vyšplhat i nad 20% podle tvrzení Státní energetické inspekce. [2]

### 4.1. Základní parametry na umělé osvětlení a světelné soustavy

Světelné zdroje napájené elektrickou energií patří mezi nejrozšířenější zdroje umělého osvětlení a jsou základním prvkem osvětlovacích soustav. U výběru světelného zdroje nejvíce záleží na tom, jak hospodárně a efektivně bude osvětlovací soustava fungovat.

Světelné zdroje se dají rozdělit do tří základních skupin:

- **Teplotní** – Největší a nejstarší skupinu tvoří právě tyto zdroje. Na tomto principu pracují klasické žárovkové zdroje s wolframovým vláknem. Průchodem elektrické energie wolframovým vláknem se vlákno rozžhaví. Jedná se o nejméně účinné světelné zdroje.
- **Výbojkové** – Výbojka je nejčastěji uzavřená trubice naplněná směsí par a plynů. Do této trubice jsou přivedeny z vnějšího okolí dvě nebo více elektrod, které umožňují zavedení elektrického proudu do plynové náplně. Výbojkové světelné zdroje můžeme rozdělit na dvě skupiny, a to nízkotlaké (rtuťové a sodíkové) a vysokotlaké (sodíkové rtuťové halogenidové a další). Rtuťové nízkotlaké výbojky jsou známy častěji jako zářivky.
- **Luminiscenční** – tyto světelné zdroje pracují na principu vyzáření fotonů při samovolném návratu z vybuzeného stavu do stavu základního.

Mezi základní parametry popisující světelné zdroje nezbytně patří měrný výkon, světelný tok, teplota chromatičnosti a index podání barev. Neopomenutelné vlastnosti světelných zdrojů také jsou jejich rozměry a použité patice pro připojení a v neposlední řadě jejich životnost. [2]

#### 4.1.1. Světelný tok

Pro každý světelný typ zdroje je tato hodnota odlišná. Tento údaj se obvykle nachází na obale nebo v katalogovém listě výrobku a udává množství světla vyzářené za jednotu času světelným zdrojem. Jednotkou světelného toku je lumen (lm). [2]

#### 4.1.2. Měrný výkon $\eta$

Jedná se o vyjádření účinnosti světelného zdroje. V tomto případě není účinnost vyjádřená v procentech, protože vstupní veličiny nemají stejný rozměr, což plyne z následujícího vzorce pro výpočet měrného výkonu. [2]

$$\eta = \frac{\phi}{P} \text{ (lm/W)} \quad (4)$$

kde  $\eta$  je měrný výkon,  $\phi$  (lm) světelný tok a  $P$  (W) je elektrický výkon.

#### 4.1.3. Teplota chromatičnosti $T_c$

Základní jednotkou teploty chromatičnosti je (K) Kelvin. Tento parametr světelného zdroje udává barevné vlastnosti světla. Teplota chromatičnosti je rozdělena do tří základních skupin, a to:

- Teple bílá s teplotou chromatičnosti menší než 3300K
- Bílá s teplotou chromatičnosti v rozmezí 3300 – 5000K
- Denní s teplotou chromatičnosti vyšší než 5000K

U tepelných zdrojů odpovídá teplota chromatičnosti teplotě vlákna, u výbojkových zdrojů se zavádí pojem náhradní teplota chromatičnosti, ta odpovídá ekvivalentnímu tepelnému zdroji s podobnými světelnými parametry. [2]

#### 4.1.4. Index podání barev $R_a$

Jedná se o bezrozměrný parametr světelných zdrojů. Tato hodnota určuje do jaké míry je vyzařované spektrum světelného zdroje schopno věrohodně zobrazit barvy. Čím vyšší je hodnota indexu podání barev tím věrohodněji je světelný zdroj schopný podat barvy. Nejlepší podání barev má žárovka ( $R_a = 100$ ) naopak nejhůře na tom je nízkotlaká sodíková výbojka ( $R_a = 0$ ). [2]

#### 4.1.5. Osvětlenost

Osvětlenost můžeme vnímat jako parametr rozložení osvětlení v místě a bezprostřední blízkosti zrakového úhonu. Tento parametr má zásadní vliv na vykonávání zrakových úkolů .

[2]

#### 4.1.6. Životnost světelných zdrojů

Jedním z nedílných a jedním z nejdůležitějších parametrů světelných zdrojů při návrhu osvětlovacích soustav je jejich životnost. Tento parametr nám udává počet hodin, během

kterých světelný zdroj dokáže svítit s určitými hodnotami. U žárovek je životnost omezena mezním stavem přepálení vlákna. Jinak je tomu u výbojkových zdrojů světla, kdy výbojkový zdroj během své životnosti prochází určitými fázemi změny hodnoty světelného toku. Po určitém čase uvedeném výrobcem jako životnost světelného zdroje, může zářivka nebo výbojka dále fungovat, jenže její provoz je dále neekonomický a zdroj vyžaduje výměnu. [2]

Tab. 3 orientační hodnoty životnosti vybraných zdrojů světla

Světelný zdroj	Životnost (h)
Žárovka	1000
Halogenová žárovka	3000
Lineární zářivka	18000
Vysokotlaké sodíkové výbojky	20000
Světelné diody	100000

## 4.2. Svítidla

Světelné soustavy jsou tvořeny svítidly, která se skládají z konstrukční části svítidla a ze světelně činné části svítidla.

Konstrukční část svítidla tvoří celý skelet, na kterém je připevněna světelně činná část svítidla. Dále slouží ke krytí světelně činné části před vnikem cizích těles nebo vody. Musí vyhovovat ochraně před nebezpečným dotykovým napětím, zároveň musí splňovat podmínky snadné montáže, údržby a spolehlivosti svítidla. [1]

Světelně činná část svítidla slouží ke změně rozložení světelného toku, k rozptylu toku, k zábraně oslnění, snížení jasu nebo ke změně spektrálního rozložení vyzařovaného světla. [1]

### 4.2.1. Světelný tok svítidla

Vychází ze světelného toku zdroje umístěného ve svítidle. [1]

$$\phi_{SV} = \phi_Z - \phi_{ZTR} \quad (lm) \quad (5)$$

Kde,  $\phi_{SV}$  – je světelný tok svítidla

$\phi_Z$  – je součet světelných toků všech světelných zdrojů ve svítidle

$\phi_{ZTR}$  – je ztráta světelného toku při optickém zpracování

### 4.2.2. Účinnost svítidla

Každá účinnost ukazuje hospodárnost. V tomto případě se jedná o poměr světelného toku svítidla k součtu světelných toků všech světelných zdrojů ve svítidle. [1]

$$\eta_{sv} = \frac{\phi_{sv}}{\phi_z} \quad (-) \quad (6)$$

Oba parametry účinnosti mají jednotku (lm) tzn. celková jednotka účinnosti je bezrozměrná.

### 4.2.3. Svítivost svítidel

Svítivost je velikost světelného toku vyzářeného svítidlem do prostorového úhlu. Je-li tento úhel malý, jedná se o tzv. svítivosti v daném směru. Pro každé svítidlo jsou udány křivky svítivosti výrobcem. Vypočítají se podle následujícího vztahu:

$$I = \frac{\phi}{\Omega} \quad (cd) \quad (7)$$

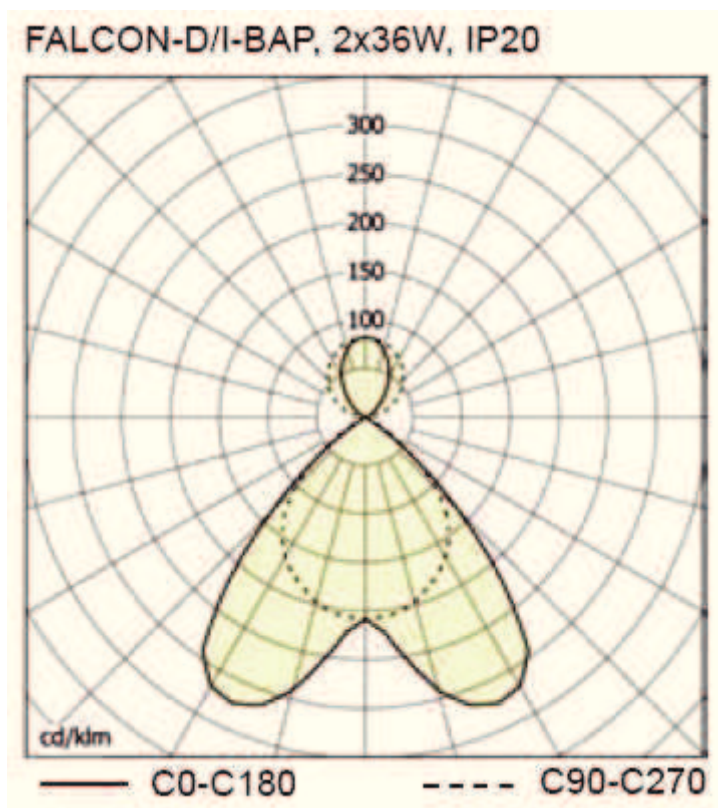
Kde:  $I$  – svítivost (cd)

$\Phi$  – světelný tok (lm)

$\Omega$  – prostorový úhel (sr)

Tyto křivky svítivosti jsou nezbytně nutné pro návrh osvětlovací soustavy. Představují šíření světelného toku svítidla a umožní nám výběr svítidla. Důležité je vědět, že údaje v katalozích jsou přepočítané na 1000 lm, a to z důvodu, aby bylo možno křivky porovnávat. Skutečná hodnota svítivosti se pak stanoví takto: [1]

$$I_s = \frac{I * \phi}{1000} \quad (lm) \quad (8)$$



Obr. 3 Příklad křivky svítivosti z katalogu výrobce Vyrtých

#### 4.2.4. Technické parametry svítidel

Mezi základní světelně technické parametry svítidel patří křivky svítivosti, diagram jasu, základní elektrické údaje. Tyto parametry jsou vyjádřeny nejčastěji pomocí značek a symbolů. Z hlediska elektrické bezpečnosti jsou svítidla rozdělena do čtyř tříd.

Třída ochrany 0 – tyto svítidla mají pouze základní izolaci, tzn. nemají svorku pro připojení ochranného vodiče.

Třída ochrany I – u těchto svítidel je nutno připojit ochranný zelenožlutý vodič na svorku PE

Třída ochrany II- jedná se většinou o celoplastové provedení svítidel a tudíž je zbytečné ochranný vodič použít.

Třída ochrany III- jedná se o nízkonapěťová svítidla

Důležitou vlastností svítidla je stupeň krytí. Je na svítidle vyznačen zkratkou IP XX (Ingress Protection). Na místo prvního X je číslo 0 až 6. Toto číslo vyjadřuje stupeň krytí před vniknutím cizích předmětů a před dotykem živých částí. Druhé X označuje stupeň krytí proti vniknutí vody. Hodnoty jsou od 0 až 8

Svítidla mohou být umísťována do nebezpečných prostředí, například tam, kde hrozí nebezpečí výbuchu. Svítidla určené do tohoto prostředí jsou označena zkratkou EX.

Mechanické vlastnosti svítidla označuje tzv. IK kód. Jedná se o stupeň ochrany před mechanickým poškozením.

Z požárního hlediska se svítidla dělí na ta, která mohou být montována přímo na hořlavý povrch a svítidla, která nemohou být montována na hořlavý povrch [1]

#### 4.2.5. Konstrukce svítidla

Svítidlo je složeno ze tří základních částí, jedná se o část optickou, elektrickou a konstrukční

**Optická část** – je tvořena světelným zdrojem a optikou, která se dá dále rozdělit na:

- Reflektor – podle optického zákona odrazu mění rozložení světelného toku
- Refraktor – podle optického zákona lomu mění rozložení světelného toku
- Difuzor – je zařízení, které pomocí prostupu nebo odrazu světla rozptyluje světelný tok

**Elektrická část** – elektrická část výbavy svítidla je obsáhlá, můžeme se setkat například s těmito komponenty:

- Tlumivky
- Transformátory a měniče
- Zapalovače, předřadníky
- Kondenzátory
- Objímky
- Spínače
- Pojistky

- Svorky a vnitřní vodiče

Mechanická část – tyto prvky slouží k upevnění a ochraně svítidla. Důležité konstrukční díly, které se řadí ke konstrukčním prvkům jsou:

- Ochranná skla
- Ochranná mříž
- Nosná konstrukce
- Zaostřovací zařízení
- Závěsy ...

V této oblasti najdou opodstatnění různé materiály z důvodu různého zatížení a namáhání různých konstrukčních prvků svítidla. [3]

### 4.3. Regulace osvětlení

Hlavním důvodem regulace osvětlovacích soustav je dosažení požadovaných hodnot osvětlení s ohledem na vykonávanou činnost v daném prostoru, dále pak dosažení požadované hodnoty osvětlení v závislosti na hodnotě denního osvětlení a s tím je blízce spojená úspora elektrické energie. Výsledkem regulace osvětlení je zvýšení kvality osvětlení, lepší zraková pohoda a v neposlední řadě také finanční úspora. V poslední době se ustupuje od regulace světelných soustav změnou napětí z ekonomických důvodů. Mnohem hospodárnější je využití inteligentních řídicích systémů. Tyto systémy jsou schopny využívat maximum denního světla a pohybu osob v daném prostoru.

Osvětlovací soustava se dá regulovat:

#### 4.3.1. Klasické spínače

Zde záleží pouze na okružování osvětlení. Rozsah stmívání je nejčastěji 50% a 100%. Jedná se o jeden z nejjednodušších principů. Hlavní výhodou je nízký investiční náklad. Pozor si však musíme dát na dodržení rovnoměrnosti osvětlení, která musí být dodržena.



Obr. 4 Spínač



#### 4.3.2. Stmívače

Na rozdíl od klasického stmívání dosáhneme stmívačem plynulé regulace. Zde záleží pouze na použitém svítidle. Existuje nepřeberné množství stmívačů - od analogových až po dálkově ovládané



Obr. 5 Stmívač

Tab. 4 Příklad rozsahu regulace svítidel

Použitý druh svítidla	Regulační schopnost (%)
Žárovkové svítidlo	0-100
Halogenové svítidlo	0-100
Zářivkové svítidlo s předřadníkem	50-100
Zářivkové svítidlo s elektronickým předřadníkem	1-100

#### 4.3.3. Příklad řídicích systémů

V dnešní době se často můžeme setkat s dotvářením interiéru světelnou technikou, k tomuto nám slouží například řídicí systém firmy Siteco. Tento řídicí systém napomáhá světelné pohodě a aktuální potřebě osvětlení. Této regulace lze dosáhnout jedině v případě, že je zvoleno vhodné svítidlo s regulovatelnými optickými vlastnostmi. Nejdůležitější pro výrobce tohoto systému, je zajištění zrakové a psychické pohody uživatele. Při využití regulace systémem nejde pouze o estetickou stránku, výrobci jde především o to, aby skloubil estetickou i ekonomickou stránku. Svítidla doporučené výrobcem jsou doplněny o čidla reagující na přítomnost osob v daném prostoru, což umožňuje regulovat osvětlovací soustavy bez toho, aby svítidla někdo ovládal. Poté, co prostor opustí poslední osoba, řídicí systém se zpožděním vypne osvětlení. U osvětlovacích soustav, které jsou doplněny o řídicí systém, lze měnit charakter osvětlení za podmínek dodržení kvality i množství osvětlení. Užitím řídicího systému lze využít místnost pro více účelů.

[7]

## **4.4. Údržba osvětlovacích soustav**

Opomíjenou možností, jak hospodárně nakládat s elektrickou energií u osvětlovacích soustav, je pravidelná údržba. Během stárnutí osvětlovací soustavy dochází k postupnému snižování světla vyzařovaného svítidlem. Tento jev nastává usazováním nečistot na povrchu svítidla a jeho stárnutím. Tento zanedbávaný faktor může značně zvýšit efektivitu osvětlení. Velikost snížení světelného toku během stárnutí osvětlovací soustavy je dána také výběrem svítidla. Tento jev se dá ovlivnit již ve stádiu návrhu osvětlovací soustavy volbou správného svítidla. Velký vliv má na osvětlovací soustavu prostředí, ve kterém je provozována. Již ve stádiu návrhu je potřeba stanovit tzv. udržovací činitel, se kterým je třeba počítat již od samého začátku návrhu osvětlovací soustavy. Vhodně stanovená hodnota udržovacího činitele a stanovená četnost údržby napomáhá ke větší efektivitě osvětlovací soustavy. Veškeré osvětlovací soustavy se okamžikem montáže postupně opotřebovávají a ztrácejí svou funkčnost. Musíme brát v úvahu také to, že je potřeba obnovovat nátěry v místnosti, aby neklesala hodnota odrazu světla. Je znehodnocování je pomalý, a proto může dojít k tomu, že jej uživatel ani nezpozoruje, avšak se může projevit na zvýšené únavě, četnosti chyb nebo na pracovních úrazech. [6]

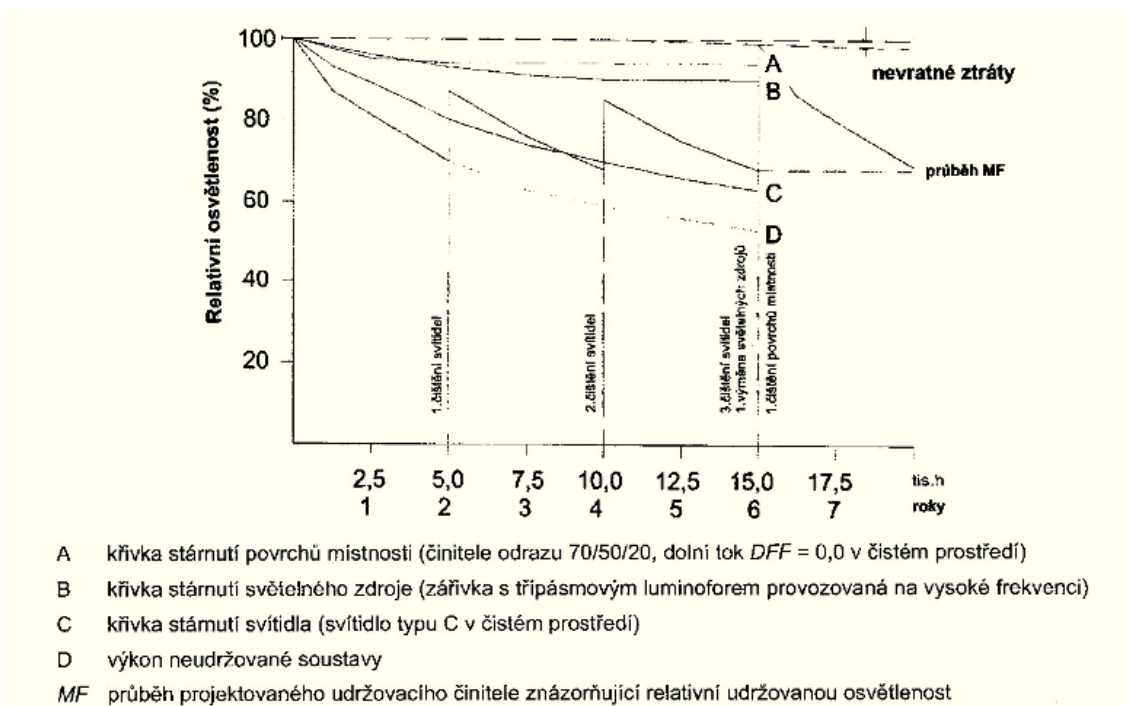
Pro efektivní osvětlovací soustavu je nutná údržba. Celá soustava by měla být pečlivě čištěna v pravidelných intervalech. Ale i při pravidelné údržbě je postupné znehodnocování nevyhnutelné. A proto rozdělujeme udržovací činitel do dvou částí:

### **4.4.1. Nevratné činitele**

Postupem času dochází vlivem stárnutí a teploty v k tmavnutí materiálu, ze kterého je svítidlo vyrobeno. Těmto ztrátám se nelze ani pravidelnou údržbou vyhnout. Hodnota těchto ztrát je zanedbatelná ( $< 3\%$ ). Tyto ztráty by bylo neekonomické odstraňovat, avšak je třeba s nimi počítat již v projektu při zpracování návrhu. [5]

### **4.4.2. Vratné činitele**

Tyto vlivy na osvětlovací soustavu je možné jednoduše ovlivnit pravidelnou údržbou a samozřejmě pravidelnou výměnou světelných zdrojů. Mezi vratné činitele můžeme zařadit pravidelné čištění, pravidelnou výměnu světelných zdrojů, výměnu nefunkčních komponentů a v neposlední řadě také obnovou nátěrů. [5]



Obr. 6 Činitel údržby

#### 4.4.3. Intervaly čištění

Je nutností provádět pravidelnou údržbu a čištění osvětlovacích soustav podle TNI 36 0451 – Údržba vnitřních osvětlovacích soustav. Podle Tab. 5 zatřídíme daný prostor. [5]

Tab. 5 Doporučené kontrolní intervaly

Kontrolní interval	Kategorie čistoty	Pracoviště
3 roky	Velmi čisté (VČ)	Čisté místnosti, závody na výrobu polovodičů, nemocniční oddělení, výpočetní střediska
	Čisté (Č)	Úřady, školy, areál nemocnic
2 roky	Normální (N)	Obchody, laboratoře, restaurace, obchodní domy, montážní plochy, dílny
1 rok	Špinavé (Š)	Ocelárny, chemické závody, slévárny, svařování, leštění, práce se dřevem

#### 4.4.4. Plán údržby

Pro okamžitou informovanost pracovníků, kteří zajišťují pravidelný plán údržby osvětlovacích soustav, slouží norma TNI 36 0451, která rychle a přehledně určuje interval čištění osvětlovací soustavy pro svítidla všech typů v daném pracovním prostoru. Intervaly čištění se mění v závislosti na prostředí, ve kterém je provozována osvětlovací soustava.

Tab. 6 Přibližné intervaly čištění

Intervaly čištění		3 roky			2 roky			1 rok		
Typ svítidla	Prostředí	VČ,Č	N	Š	VČ,Č	N	Š	VČ,Č	N	Š
S necloněným světelným zdrojem		X				X				X
Bez horního krytu		X				X				X
S horním krytem (nevratné)		X			(X)				X	
Uzavřené IP 2X		X			(X)				X	
Chráněné proti prachu IP 5X		X	X				X			
Uzavřené nepřímé					X			(X)	X	
S řízenou klimatizací		X	X				X			

Kde: VČ, Č, N a Š jsou prostředí určené dle Tab. 5

## **5. Návrh osvětlovací soustavy pomocí výpočetního programu DIALux**

V této části bakalářské práce se budu zabývat návrhem osvětlení interiéru obchodní jednoty nákupního řetězce. Jedná se o remodeling stávající prodejny.

Základním dokumentem, který definuje veškeré požadavky na osvětlení vnitřních prostor je ČSN EN 12464-1 Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory. Pro návrh osvětlovací soustavy je důležité definovat zrakový úkon, který se bude v daném prostoru provádět. Mezi tyto podmínky patří velikost pozorovaného předmětu, pozorovací vzdálenost, kontrasty, atd. Pro snadné zařazení je v normě tabulka, na základě které jsme schopni pracovní úkon zatřídit. Osvětlení je ovlivňováno mnoha faktory, mezi které patří odraznost, barva, umístění svítidel, aj. Samotný návrh osvětlovací soustavy by měl vycházet z architektonického návrhu, ale samozřejmě také z technických možností. Celá osvětlovací soustava by pak měla splňovat nejen funkční, ale i estetickou stránku.

### **5.1. Návrh osvětlovací soustavy pomocí výpočtového programu**

V dnešní době se pro návrhy osvětlovacích soustav využívá výpočetních programů. Které dokáží věrohodně simulovat reálnou světelnou scénu.

S jedním z těchto programů jsem se setkal ve firmě TECHNICO Opava s.r.o. při návrhu denního, ale i umělého osvětlení. Softwarem, který jsem se naučil ovládat, je DIALux 4.10.1, jedná se o výpočetní a designerský program. Vypočtené hodnoty jsou přehledně vyobrazeny formou isolinií, v tabulce nebo ve stupni šedi. Lze zde také vytvářet světelné scény jako vizualizace ve 3D.

Zde se návrh osvětlovací soustavy provádí přibližně v těchto krocích:

- Zpracování geometrie místnosti.
- Osazení interiérového vybavení.
- Zatřížení pracovního prostoru dle ČSN
- Výběr typu svítidla z katalogu a osazení světelných polí
- Vložení výpočtových ploch umělého osvětlení a UGR
- Výstupní hodnoty navržené osvětlovací soustavy

#### **5.1.1. Zpracování geometrie místnosti**

Je důležité zachovat skutečné rozměry místnosti pro výpočet. Nejjednodušším a nejrychlejším způsobem je nainportovat výkres ve formátu dwg do výpočtového programu, kde již jednoduše zpracujeme místnost, pro kterou chceme návrh osvětlovací soustavy provést. Důležité je taky zohlednit parametry místnosti, jako jsou kolorita povrchů nebo činitele znečištění. Ve většině případů importujeme výkres ve 2D, a tudíž nesmíme opomenout zadat výšku místnosti. Výpočtový program umí pracovat i s trojrozměrnými výkresy, ale toto zpracování je pomalé

a to z důvodu, že doposud software umí využívat pouze jedno jádro procesoru. Tento problém by měl být vyřešen s nástupem nové generace DIALuxu verze 5

Podle použitého materiálu v místnosti byly stupně odrazu vnitřních materiálu stanoveny takto:

Strop	70%
Stěny	50%
Podlaha	30%
Povrch regálu	30%

Toto jsou jakési standardy používané pro odraz povrchů, ale víme-li, že například podlaha bude dřevěná, můžeme pomocí textury a barvy přesněji stanovit odraznosti povrchů. Čím více detailů o místnosti známe, tím přesnějšího výpočtu jsem schopeni docílit.

### 5.1.2. Osazení interiérového vybavení

Při návrhu osvětlovací soustavy je třeba zohlednit stínění překážkami interiérového vybavení, jako jsou v dané situaci například regály. Nesmíme také opomenout okna, které mají jinou odraznost povrchu než stěny a jiné interiérové vybavení.

### 5.1.3. Zatřídění pracovního prostoru dle ČSN EN 12464-1

Je nutností zařadit prostor, pro který navrhujeme osvětlovací soustavu podle ČSN, abychom věděli, jaká intenzita osvětlení má v daném prostoru být.

Prodejní plochu a prostor pokladen jsem zařadil dle ČSN EN 12 464-1 podle tab. 5.4 Obchodní prostory takto:

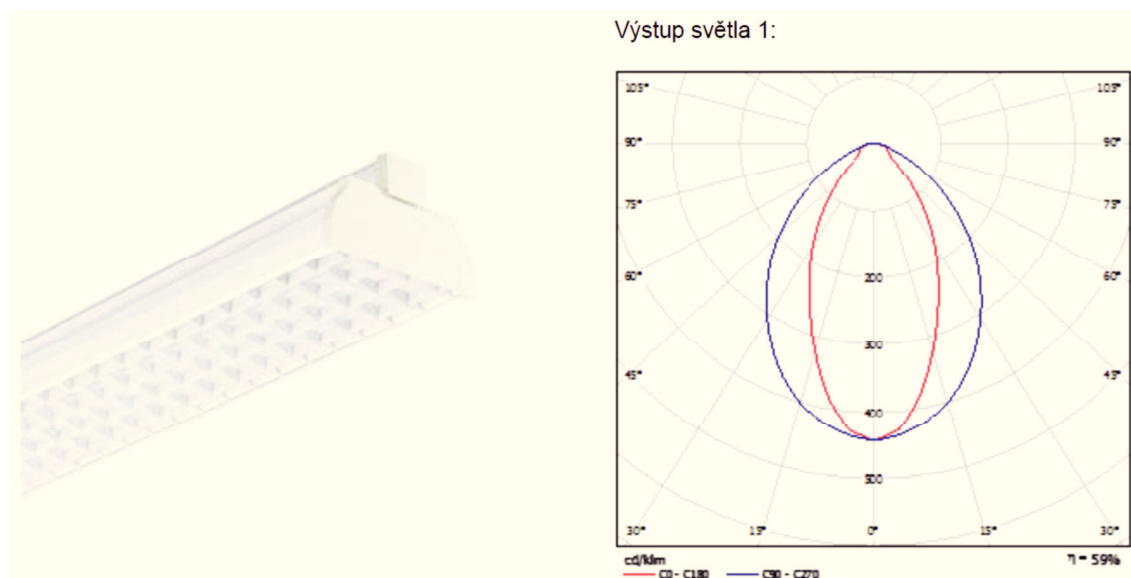
Tab. 7 Zatřídění prodejny dle ČSN EN 12464-1

Referenční č.	Druh prostoru, úkolu nebo činnosti	$E_m$	$UGR_L$	$R_a$
4.1	Prodejní prostory	300 lx	22	80
4.2	Prostory u pokladen	500 lx	19	80

### 5.1.4. Výběr typu svítidla

První nespornou výhodou výpočetního programu je rozmístění svítidel. Při ručním výpočtu bodovou nebo tokovou metodou bychom museli sami vytvořit rozvržení svítidel, což požaduje velké zkušenosti a cit pro návrh osvětlovací soustavy. Při výběru typu svítidla je třeba zohlednit prostor, ve kterém se svítidla nachází a jaké vlivy na něj mohou působit. Svítidlo musí mít potřebné krytí pro dané prostory. V této situaci jsem postupoval dle standardu investora, protože všechny prodejny osazují stejným typem svítidla. Vybrané svítidla odpovídají potřebám, pro které jsou určeny. Jedná se o svítidla firmy Philips. Na prodejně je použit typ svítidel Philips TMX400 1xTL-D58W HFP +GMX450 R +GGX451 M-NB +ML, jedná se o jednotrubicové svítidlo firmy Philips osazeno trubicí TL5 o výkonu 58W, které je navíc osazeno mřížkou. Tento typ svítidel je důležitý pro snížení hodnoty oslnění. Každé třetí svítidlo

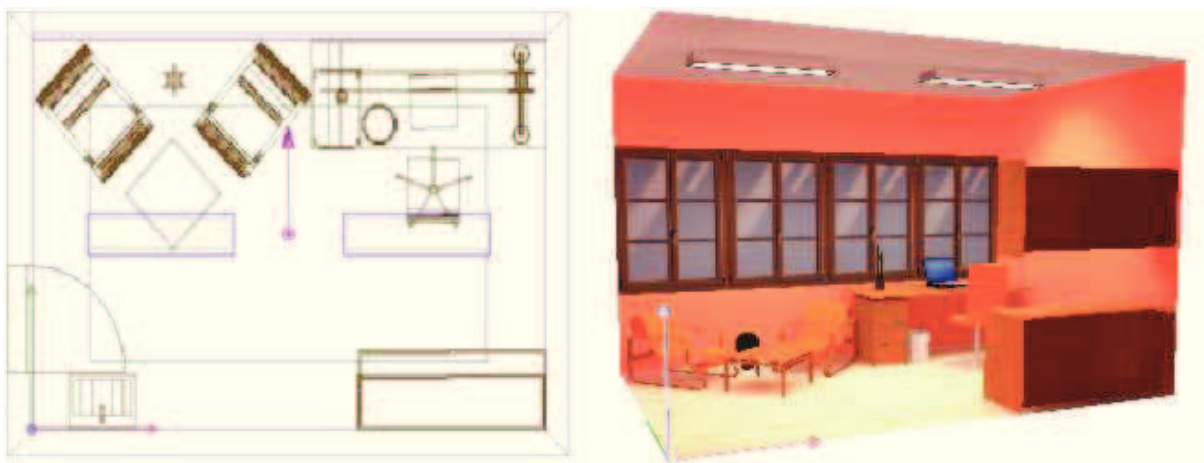
je osazeno bateriovým zdrojem pro zajištění nouzového protipanikového osvětlení dle výpočtu společnosti Philips.



Obr. 7 Svítidlo Philips TMX400 1xTL-D58W HFP +GMX450 R +GGX451 M-NB +ML + křivka svítivosti

### 5.1.5. Vložení výpočtových ploch umělého osvětlení a UGR

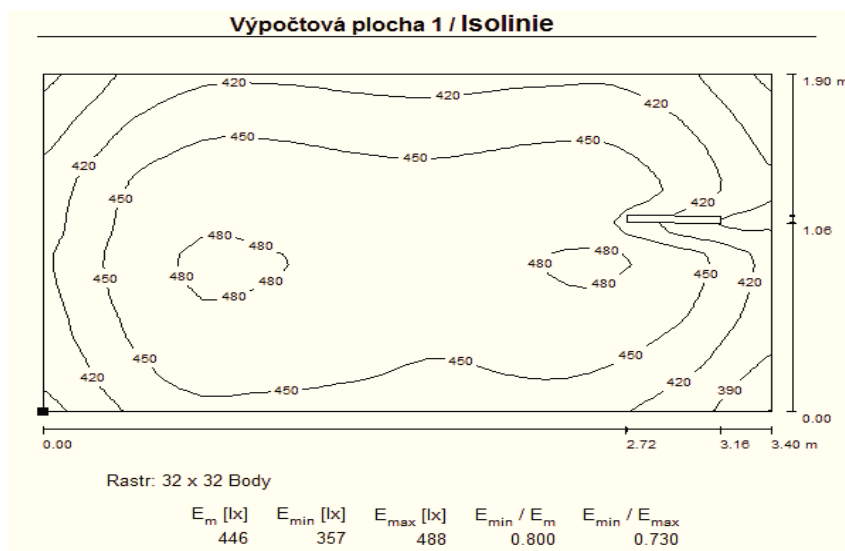
Ke spuštění výpočtu je nutné třeba výpočetní plochy nebo body pro místnost. Výpočtová plocha pro intenzitu osvětlení se stanovuje podle ČSN 12 464 ve vzdálenosti 1m od zdiva. Pro daný prostor je nutno zvolit výšku výpočtové plochy těsně nad úroveň podlahy. Pro jiné místnosti (např. učebny) by byla výška výpočtové plochy 0,85m, což je výška psacího stolu. Výpočetní rastr je optimálně nastavený výpočetním programem, lze jej však ručně nastavit na požadovanou hodnotu. Druhou výpočtovou plochou je výpočet oslnění UGR, výška této výpočtové plochy je 1,7m nad úrovní podlahy, což je přibližná úroveň očí dospělého člověka.



Obr. 8 Ilustrační obrázek místnosti s vloženými výpočtovými plochami

### 5.1.6. Výstupní hodnoty navržené osvětlovací soustavy

Ve výstupních hodnotách z programu DIALux je přehledně vyobrazena pomocí isolinií intenzita osvětlení ve výpočtové ploše. Tyto isolinie jsou podloženy hodnotami z tabulky, ve které je pro každý bod výpočtového rastru hodnota intenzity osvětlení. Minimální hodnoty intenzity osvětlení stanovené v normě ČSN EN 12464-1 jsou hodnoty údržby, tzn. zakládají se na nové hodnotě (při instalaci) a na stanovené údržbě. Totéž platí samozřejmě také pro hodnoty vypočítané ve výpočetním programu, proto mohou být dosaženy pouze za předpokladu, že předložený plán údržby bude důkladně realizován. Není-li tomu tak, nemusí být světelné podmínky splněny. Kompletní výpočet je z důvodu rozsahu jako příloha Bakalářské práce. Plán údržby je součástí výpočtu.



Obr. 9 Ilustrační obrázek výstupních hodnot



## 6. Závěr

Během bakalářské praxe, jsem měl možnost seznámit se se spoustou lidí v tomto oboru znalých. Jsem rád, že jsem mohl bakalářskou práci zpracovávat formou praxe. Naskytla se mi tak příležitost pochopit a naučit se technické podrobnosti při tvorbě projektové dokumentace. Nesmírnou výhodou do života je, že jsem vše viděl z praktické stránky a ne jen z teorie. Ve firmě TECHNICO Opava s.r.o. jsem se zabýval zejména projektovou dokumentací velkých rozsahů a návrhem osvětlovacích soustav. Absolvoval jsem školení ve firmě Philips na výpočtový program DIALux, který jsem v této práci uplatnil. Hodně skutečností jsem znal ze studia a zde jsem je mohl uplatnit v praxi. Samozřejmě ne všechny předměty, které jsem studoval během tříletého studia, jsem teď zúročil, ale při tvorbě projektové dokumentace v návrhu osvětlovacích soustav jsem si vzpomněl na předměty, jako jsou:

- Elektrické světlo a teplo,
- Projektování v elektrotechnice,
- Přenos a rozvod elektrizačních soustav.

Jako téma této práce jsme s ředitelem této firmy panem Ing. Martinem Uličným vybrali návrh osvětlovací soustavy pro nákupní jednotku obchodního řetězce. Firma TECHNICO Opava s.r.o. uzavřela smlouvu s tímto investorem na remodeling dvou prodejen a to v Opavě a Krnově. Byla potřeba navrhnout osvětlovací soustavu pro tuto obchodní jednotu, která je předmětem této práce. Návrh je vytvořen ve výpočetním programu DIALux a odpovídá všem platným ČSN. Návrh pomocí výpočtového programu je nesmírným pomocníkem projektantů a firem zabývajících se osvětlením. Nedokážu si představit počítat tuto osvětlovací soustavu pomocí postupu, který jsem se naučil během studií, nicméně mně studia teoreticky připravila na tyto pracovní problémy, které jsou potřeba v takovýchto situacích řešit. Současný stupeň tohoto projektu je dokumentace stavebního povolení a vize je taková, že i stupeň dokumentace pro provádění stavby i následný stupeň skutečného provedení by měl zůstat v kompetencích firmy. V této době již nebudu plnit bakalářskou praxi, ale doufám, že i nadále budu pokračovat a snažit se rozvíjet své schopnosti a být k prospěchu kolektivu firmě TECHNICO. Během roční praxe jsem si doplnil spoustu vědomostí, které se netýkají jen projektování elektrických rozvodů a osvětlení, ale seznámil jsem se také s projektovou činností architektů, stavařů, účastnil jsem se kontrolních dnů a různých jednání. Celkově bych tuto práci hodnotil jako výborný přínos zkušeností do života.

## 7. Seznam literatury:

[1] skripta - VŠB TUO Ostrava – Elektrické světlo a teplo,

Dostupný z: <[http://feil.vsb.cz/kat410/studium/f\\_studium.htm](http://feil.vsb.cz/kat410/studium/f_studium.htm)>. 2011/10.

[3] SOKANSKÝ K. a kolektiv *Světelná technika*

Dostupný z: <[http://feil.vsb.cz/kat410/studium/f\\_studium.htm](http://feil.vsb.cz/kat410/studium/f_studium.htm)> 2012/4

[4] SYROVÁ Miloslava *Údržba osvětlení podle TNI 36 0451*

Dostupný z WWW:< [odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=35911](http://odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=35911)> 2011/11.

[6] MAIXNER T. *Údržba osvětlovacích soustav - opomíjený zdroj úspor*

Dostupný z WWW:< [tzb-info.cz/3891-udrzba-osvetlovacich-soustav-opomijeny-zdroj-uspor](http://tzb-info.cz/3891-udrzba-osvetlovacich-soustav-opomijeny-zdroj-uspor)>

[7] SITECO LIGHTING spol. s r.o. *Řízení osvětlení*

Dostupný z WWW:< [siteco.cz/cz/produkty/ridici-systemy-osvetleni.html](http://siteco.cz/cz/produkty/ridici-systemy-osvetleni.html)> 2011/11

[2] SOKANSKÝ K. *Úspory energie v osvětlování při hodnocení energetické náročnosti budov.*

[5] TNI 36 0451 *Údržba vnitřních osvětlovacích soustav*

[8] ČSN 73 0580-1 *Denní osvětlení budov.*

Část 1: základní požadavky

## 8. Seznam příloh:

Příloha č.

1	tištěná, na CD	Světelně technický projekt
2	tištěná, na CD	Vpočtené hodnoty osv. soustavy
3	na CD	Projekt ve formátu *.dxf (DIALux)